自然斜面における危険斜面抽出法の開発の試み

中部大学工学部　　正会員　杉井　俊夫
JR 東海建設コンサルタンツ㈱　　正会員○伊藤　智則

１．はじめに

減災対策や防災対策を合理的に行うには，危険箇所の特定化，絞りだしが必要となる。無数にある自然斜面の中から危険斜面の抽出を行うには，統計的手法や力学的手法が考えられるが，これまで広域においては，力学的手法よりも主として統計的手法によって危険斜面の抽出が行われてきた。しかし，外力となる降雨や地震の外力の大きさにより，予測においては限界がある。個々の斜面の安定性評価は，極限平衡法である円弧すべり解析や有限要素法による方法が用いられるが，無数にある斜面について繰り返し計算や断面の要素分割などが必要であり，GIS 上での一次判定には不向きである。本研究では，多くの自然斜面の中から危険性を含む斜面を絞る一次判定評価のために簡便な力学的アプローチによる安定解析法を提案することを目的としている。

２．安全率の計算法

図１は勾配θを有する斜面を示している。今，崩壊長さ L，崩壊深さｚの土塊□BCDE が滑り落ちようとしていると仮定する。提案する安定解析の考え方は，△ABC の底面 AB でのせん断強さである抵抗力と，□BCDE のによるすべり荷重による外力との比を安全率とする考え方である。ここで底面 AB のように水平にすべるとは限らないが，暫定的に水平に斜面から土塊が抜けることで斜面がすべるとみなしている。また，DE より上部は非崩壊土塊と考え，尾根のような場合にも対応できることにしている。この関係から，安全率は次式となる。

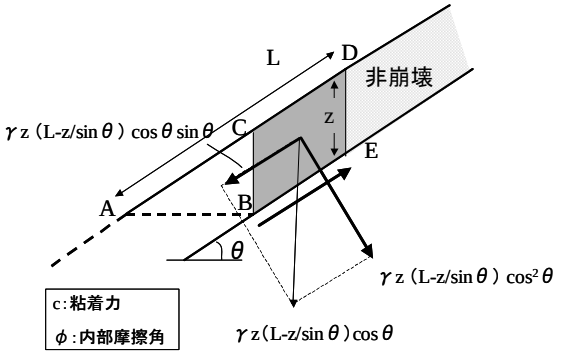

図１　斜面における土塊のつりあい

$$Fs=\frac{\dfrac{cz}{\tan\theta}+\left\{\dfrac{z^2}{2\tan\theta}+\left(L-\dfrac{z}{\sin\theta}\right)\left(z\gamma\sin\theta\cos\theta-c-z\gamma\cos^2\theta\tan\phi\right)\sin\theta\right\}\tan\phi}{\left(L-\dfrac{z}{\sin\theta}\right)\left(z\gamma\sin\theta\cos\theta-c-z\gamma\cos^2\theta\tan\phi\right)\cos\theta} \qquad (1)$$

ここに，L：崩壊長さ，z：崩壊深さ，θ：斜面傾斜角，γ：土の単位体積重量，c：粘着力，φ：内部摩擦角

３．崩壊長さ，崩壊深さ～安全率の関係

式(1)に示す安全率は，崩壊長さLと崩壊深さｚによって決まり，通常は未知数で安全率が求まらない。そこで式(1)のLとｚの変化による安全率の関係を調べてみた。**図 2** はz=1mとしたときの崩壊長さLが増加した場合の式(1)で示す安全率Fsの変化を粘着力cを変えて示したものである。崩壊長さL の増加により単調に安全率は減少していくことがわかり，崩壊深さｚが一定であれば，崩壊長さLが長いものほど安全率が小さいことがわかる。一方，**図 3** はL=50mと固定したときの崩壊深さｚの安全率への影響を粘着力ｃを変えて示した。この結果から，Lが一定の場合，最小となる安全率が表れることがわかる。２つの図から，斜面崩壊長さLがわかれば，最小安全率を示す崩壊深さｚが決まることがいえよう。また，今，崩壊長さを斜面長に等しいとすると，その斜面の最小安全率Fsminが決まることになり，最小安全率Fs_{min}が 1 以上であれば，その斜面では崩壊長さが変わっても最小安全率を下回ることなく安定であることが推察できる。すなわち，

キーワード　斜面安定解析，GIS，自然斜面
連絡先　　〒487-8501　愛知県春日井市松本町 1200　中部大学工学部都市建設工学科　ＴＥＬ0568-51-1111

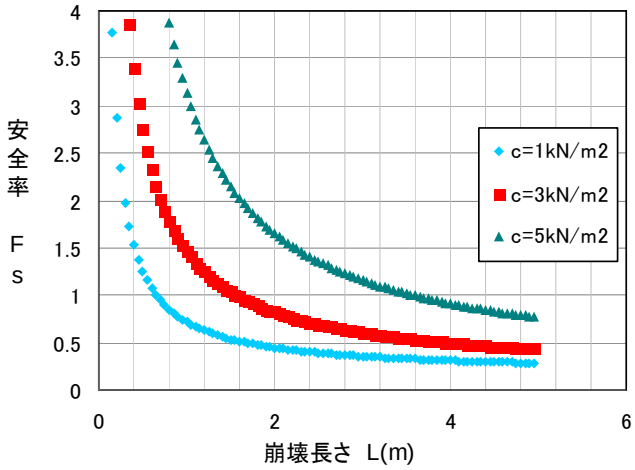

図２　崩壊長さに対する安全率の変化

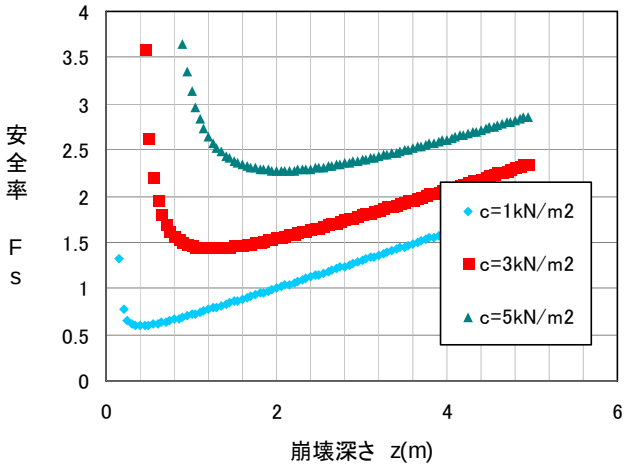

図３　崩壊深さに対する安全率の変化

危険箇所の抽出の反対の安全箇所の抽出を行うことが可能である。本手法によるフローチャートを**図４**に示す。

４．GIS を利用した広域斜面への適用

図５は岐阜県林政部治山課による単位斜面メッシュに分割された自然斜面について最大傾斜および高低差が得られたGISデータをもとに，斜面長を算出し，今回手法を用いて崩壊長さに斜面長を置き換えてその単位斜面が取りうる最小安全率を計算した結果を示したものである。なお，土の単位体積重量γ=20kN/m^2，土の強度定数c，φについては全斜面φ=15°，c=10kN/m^{2}と仮定した。また，**図５**内には実際に航空写真による実際に発生した崩壊地点を同時に示している。これより，実際の崩壊地点は安全率が高い斜面には少なく，安全率が低い斜面内で発生していることがわかる。この結果，本手法により安全斜面の抽出が可能で，残った斜面について崩壊の危険を含む斜面であるという抽出が可能となり，一次判定として有効な方法であると考えられる。

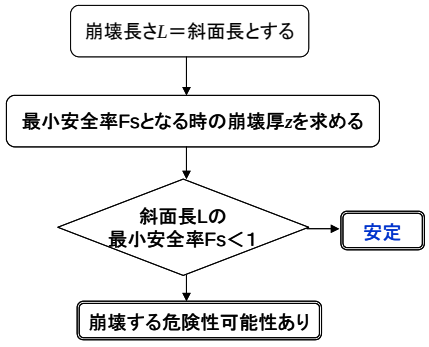

図４　抽出法のフロー

５．おわりに

危険斜面抽出の逆の概念である安定斜面の抽出として本手法を提案した。現在のところ，物性値についても仮定している点や，外力となる降雨，地震条件についての検討には至っていないが，現在，本研究室で作成している植生情報を取り入れた浸透マップとのリンクをはかり検討を行う予定である。

本研究は，平成 20 年度科研費（基盤研究（C）No. 19560498）および平成 20 年度中部大学特別研究費 A の補助を受けた。ここに記して謝意を表します。

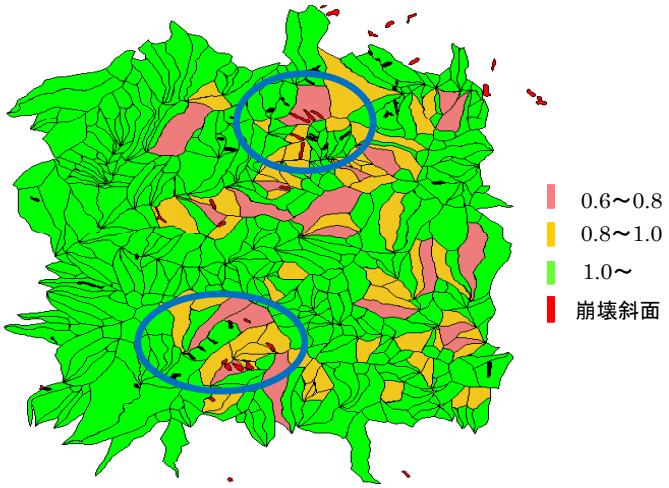

図５　危険斜面抽出結果と実崩壊との比較（上矢作地区）

【参考文献】

1) 杉井・山本他 3 名：山地災害の危険度評価手法について，中部地質調査業協会・地盤工学会中部支部「第２回 GIS 研究発表会」，pp.41-44，2003.

2) 杉井・浅野・高久：植生情報を用いた広域地盤の浸透特性の推定，土木学会中部支部研究発表会，229-230,2009.